# 聚焦关键核心技术攻关<br>强化国家科技创新体系化能力

余 江[1,2] 管开轩[1,2] 李 哲[3] 陈 凤[2]

1 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190
2 中国科学院大学 公共政策与管理学院 北京 100049
3 中国科学技术发展战略研究院 北京 100038

摘要 面对严峻的国际形势和突发公共事件的挑战，我们需要正视国内长期受制于人的“卡脖子”问题背后关键科学问题的复杂性，深刻认识提升科技创新体系化的战略必要性。科技创新体系化呈现出整体性、结构性和有机关联性要求，需要技术体系化和组织体系化的持续推进与互动，有效应对风险和不确定性。在聚焦关键核心技术攻关时，应通过超前部署“锻长板、补短板”相结合的系统性科技战略布局，形成有自身特色的新需求、新技术和新架构，改变孤立、被动的应急模式，通过加强知识突破与商用生态的全面联接来增强科技创新体系化的效能、活力和韧性。坚持对内对外开放合作，推动传统的科技外交向“新型创新外交”转型，将体系化的创新势能战略性落地释放，真正有效推进关键核心技术攻关来“补短板、堵漏洞、强弱项”。

关键词 关键核心技术，科技创新体系化，技术体系化，组织体系化

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20200609002



## 1 科技创新体系化：新形势下科技强国建设的战略方向

习近平总书记于2020年4月主持召开中央全面深化改革委员会第十三次会议指出，要从体制机制上增强科技创新和应急应变能力，加快构建关键核心技术攻关新型举国体制，实现“补短板、强弱项、堵漏洞”，提升科技创新体系化能力。这也为我国建设世界科技强国，全力提升国家科技创新体系化能力指明了进一步的战略方向。

近期国际形势风云变幻，全球科技竞争愈发激烈，我国在高科技领域所面临的技术、人才、投资和供应链等方面的挑战日益严峻，关键技术“断供”和产业脱钩所面临的风险日益明显。近年来，我国科技事业取得了

资助项目：国家自然科学基金重点项目（71834006），国家自然科学基金应急项目（71941031），国家自然科学基金青年项目（71704173），中国科协创新战略研究院科研项目（2019ys1-1-2-2）
修改稿收到日期：2020年7月21日

一批新突破[1,2]，但在以高端芯片、高端医疗设备、航空动力装置、数控制造、高端专业制造装备、特种材料、电子化学品和基础软件系统等为代表的诸多战略性产业领域，仍然存在众多受制于人的“短板、弱项、漏洞”[3]。例如，在此次新冠肺炎疫情防控中，暴露出我国在以体外膜肺氧合（ECMO）和有创医用呼吸机等为代表的高端医疗装备制造领域对国外核心技术和关键零部件的依赖。因此，在新形势下，战略性聚焦关键核心技术攻关，避免孤立和被动应对“短板”，具有更为急迫的重大战略意义。

随着科技创新改革的不断深化，我国的科技创新体系在明确技术创新、知识创新、国防科技创新、区域创新和科技中介服务等功能的基础上，逐渐形成了包括政府、企业、高校、科研机构、社会中介服务机构和个人等的创新行为主体，以及创新资源和创新环境在内的布局。但要实现科技前瞻和技术引领，需要正视我国长期受制于人的“卡脖子”技术背后科学问题的复杂性。在面对重大风险和不确定性面前，需要全面强化科技创新体系化能力，从而形成对核心技术突破的有效支撑，才能化被动为主动。

实现“补短板、强弱项、堵漏洞”是一个系统性的战略命题。该命题反映在科技体制机制上，就是必须以技术和组织双维度的持续体系化，真正提升科技创新体系本身的效能、活力和韧性[4]，既须未雨绸缪，防止某项关键技术或产品的“停供”引发产业“断链”；更要依靠体系化的势能，协同发力开放联接全球各类创新要素，根本性地提升国际竞争力。

## 2 科技创新体系化的结构与特性

系统论是我们认识科技创新体系化能力的主要理论视角[5]，即从整体出发来把握科技攻关必须关注的核心问题，更有效率地组织、调动不同的创新主体和资源来实现既定的战略目标。科技创新的体系化能力，是指围绕重大战略需求，能够将诸多创新单元、要素进行高效集成，动态组合有效创新攻坚的能力，形成大纵深、跨学科、全链条合作，增强体系效力，激活体系活力。面向“补短板、强弱项、堵漏洞”的重大要求，科技创新体系的高效能主要体现在 2 个方面：① 科技创新的目标是否实现；② 在实现科技创新目标的前提下，是否保持了较高的创新效率。

### 2.1 科技创新体系化的结构：技术体系化和组织体系化

科技创新体系的结构体现在技术体系化和组织体系化 2 个方面，两者交互促进，共同形成复杂的国家技术创新体系化。① 从技术体系化来看，技术体系是围绕某个领域、某项产品或工程，由各种技术之间相互作用、相互联系，按一定目的、一定结构方式组成的技术整体。其中，决定产品技术路线能否实现且难以被替代的一类技术被认为是该产品的核心技术。可以看出，要有效突破关键核心技术，在关键性领域提升科技创新竞争优势往往并非取决于某一项单点技术是否先进，而是取决于对相应技术体系的持续优化、整合和自我增强机制。② 从创新组织的体系化来看，技术创新除了研发过程，还涉及技术生产、配置等环节，以及资源适配的一系列制度安排。其中，技术研发组织模式、资源配置模式、商业价值实现和评价机制等制度是否能持续完善，将决定技术创新体系能力的高低。

### 2.2 科技创新体系化的基本特性

科技创新是一个包含各种要素、各种主体互动的自组织复杂系统行为，一般认为科技创新体系化具有 3 个基本特性[5,6]。

（1）整体性。科技创新的体系化能力遵循“木桶原理”，即科技创新体系构成要素和运行环节中存在的明显“短板”或者“漏洞”，都有可能成为创新体系整体或者局部“失灵”的重大隐患。

（2）结构性。即科技创新活动要形成从顶层设计到部门协同、从政府参与到市场主导、从基础研究到开发利用，以及从中央到地方的结构化分工和布局，

实现政府和产业协同作用下的科学探索、技术开发和成果转化接续衔接。

（3）有机关联性。即科技创新体系内各类创新资源和创新主体间拥有灵活的动态适配和链接机制，而不是仅仅依靠命令的机械式捆绑。

### 2.3 关键核心技术的突破依靠科技创新体系化能力的提升

关键核心技术具有高投入、知识复杂性和嵌入性、商用生态依赖性等特点[7]，其攻关尤其需要不同学科背景的技术单元力量的深度协同。例如，对于“卡脖子”的“芯片制造核心工艺与装备”的攻关，需要光学、数学、物理学、微电子学、材料学与精密机械及控制等多学科团队的交叉协同，需要在结构、器件、工艺及检测等领域攻克一系列核心科学技术难题[8]。再如，面对突发重大疫情的防控，需要组织跨学科、跨领域的科研、临床、防疫、健康等团队，涉及生命科学、生物技术、医药卫生、医疗设备等领域的协同，才能具备快速应急反应能力和解决问题的持续创新能力。战略性领域的突破往往是由各种技术相互作用、相互联系，按一定目的、一定结构方式组成的整体技术突破和梯次合作；而我国在高速铁路和特高压等领域的成功创新发展，正是因为成功地取得了这种整体技术突破。

## 3 聚焦关键核心技术攻关：协同改革、推进科技创新体系化

### 3.1 现阶段科技创新体系化的“弱项”和“短板”

我国科技事业近年来取得了长足的进步，但要有效应对各类突发的重大挑战，科技创新体系整体性、结构性和有机关联性仍显不足，难以激发理想的系统效力和活力。当前，国内科技界仍存在彼此分割、缺乏协同的“小作坊”式研发，往往满足于在各种“围墙”和“栅栏”以内各自为战的状态，对内对外创新开放合作的巨大潜力还远未发挥出来。虽然国内企业研发投入已占到全社会投入的大头，但大多数仅涉及技术的具体应用工作，真正涉足核心技术突破的重大创新很少。此外，在一些战略性领域，产业核心技术的持续市场化体系尚未建立，部分研发止步于实验室与样机阶段，经常存在“有技术无产品、有产品无产业”的窘境。国家对科技的各类财政投入的模式创新与有效撬动作用仍然有待加强。

面对严峻挑战与不确定性，改变当前相对碎片化分割的局面，科技创新体系化能力的深化迫在眉睫。同时，在基础架构、基础零部件和基础软件平台等方面存在的“短板、弱项、漏洞”，严重掣肘我国在很多战略性领域的竞争力和应急反应能力。可见，要有效突破关键核心技术，无论是使命导向还是商用导向的攻关任务都需要从系统论的高度考虑目标和布局，这样才能有效提升科技创新体系化能力，形成高效协同、补位合作和错位竞争的创新战略布局，确保创新体系的活力和效力。

### 3.2 提升技术体系化能力：锻“长板”、补“短板”相结合的系统性战略布局

面对日益严峻的外部环境挑战，在推进各领域新兴技术跨界创新时，应从战略高度、以战略思维系统谋划科技创新布局，优化5类国家科技计划，形成锻“长板”、补“短板”相结合的系统性战略部署路径规划，形成多维度、多循环的关键技术供给体系和对内对外开放合作格局。

（1）从“长板卡位”来看，在新一轮数字科技革命和产业智能化变革的大潮下，一方面，需要研判我国未来有希望引领科技发展、构筑竞争“长板”的领域，重视增强战略技术前瞻储备的创新工作，强化原始创新，增强源头技术供给。另一方面，要在推动我国特有的海量数据和数字化普及场景下，推动新知识和新技术深度连接和耦合发力，在一些战略性领域形成有中国特色的新技术、新需求与新架构，在国际科技格局中形成局部的竞争动态均衡。

（2）从“短板补位”来看，针对事关产业核心竞

争力的底层技术和关键技术突出的“短板、弱项、漏洞”，布局上需要努力形成多循环、多路径的关键技术有效供给，即深入分析研判哪些环节可自主突破、哪些需要进口替代、哪些必须要同国外伙伴坚持长期合作。强化底线思维，压实重点领域和关键环节的任务部署，做好关键核心技术和零部件“断供”等突发事件的应急预案，对于长期受制于人的各类“卡脖子”技术的攻关，做到精准持续安排。

### 3.3 提升组织体系化能力：知识突破与商业实现的价值链接

对于“重中之重”的关键核心技术的攻关，要探索大纵深、跨学科的研发模式，打通产学研创新链、产业链、价值链，拓展包括产业大基金在内的各类创新投资渠道，实现集科学发现、技术跃升和产业化方向于一体的突破，实现知识突破与未来面向商用生态的有效衔接。这需要聚焦全球竞争的源头技术供给，而不仅是追逐“国际发表热点”，更需要形成核心技术突破后的持续改良机制，及时跨越技术商用的成熟度阈值。

实现知识突破与商业实现的价值衔接，需要改革当前重大科技创新工程的组织实施方式。*① 要推动创新体系的各研究单元聚焦战略需求，形成实质性资源整合。*提升跨单位边界的大团队二次深度组合，优化跨研究单元合作前沿成果认定、人员考核和激励机制。例如，2018年7月美国启动“电子复兴计划”（ERI），以构建面向2030年“新架构、新设计和新器件”的高技术体系。除了支持若干美国国家实验室、常青藤大学等机构，美国领军高科技公司（如英特尔、高通、IBM、英伟达等）的核心活跃研发团队也得到了该计划的资助。这种注重在战略性领域形成在学科前沿和技术前沿的“双领先”，定位于学科前沿技术的开发与市场应用转化的高效衔接。*② 要充分发挥市场机制的作用。*充分发挥领军企业在市场前景驱动下，高效实现前沿成果潜在价值的优势，发展面向产业变革的新型研发机构，形成“以重大商业瓶颈攻关牵引重大科技原创成果、以更多科技原创成果支撑重大商业瓶颈问题解决”的体系良性循环。面向市场应用的关键核心技术，要围绕产业链部署创新链，将关键技术突破、样品规模商用和产业生态培育等环节紧密结合，重视面向产品稳定性和可靠性的持续商用化研发。在一些战略性的重要领域，要特别重视发挥国内下游“超级用户”企业的集成整合作用，以产业链下游企业的“订单”甚至“注资”来真正激活上游产业的研发资源，形成多元主体协同的创新生态联合体，注意扶持具有“战略备胎”能力的优秀供应商和中小微科技创业群体。例如，在平台软件或者核心处理器芯片的“攻关”研发中，不仅要看研发出的样品的单个技术性能指标如何优异，更要重视培育国内外应用开发商和工具开发方的生态支持，这样的“创新突破”和“自主可控”才会有生命力。

### 3.4 增强体系化的效力和活力：让协同和链接无处不在

提升持续创新活力的关键在于通过高水平的支撑和服务体系，将分散和割裂的创新单元、创新要素进行有效协同、互补，保证体系创新攻坚能力沿着预定战略方向发展；面向规模商业应用的未来愿景，坚持明确分工、明晰权责；推动产业链下游考核上游，落实成本和风险共担、知识和成果共享，通过产学研用多方协同攻关形成多样性的技术有效供给，构建竞争合作的开放商用生态，及时进行滚动优化，提升对突发事件的快速响应及重大攻关的能力。

*（1）改革创新治理体系，形成多元参与、协同高效的创新治理格局。*一方面，顺应创新主体多元、活动多样、路径多变的新趋势，强化政府战略规划、政策制定、环境营造、公共服务、监督评估和重大任务实施等职能。另一方面，建立创新治理的社会参与机制，发挥各类行业协会、产业基金、国家级科技社团等在推动创新驱动发展中的作用，形成多元参与、协

同高效的创新治理格局，打破各种无形的“围墙”和“栅栏”，系统整合和优化原来碎片化、孤立、重复的科技创新投入和战略布局。

（2）鼓励重大攻关计划的创新单元之间的知识共享。鼓励集成创新能力强的创新型领军企业，与其他创新主体形成协同互动。在核心技术攻关上，借鉴比利时微电子研究中心（IMEC）集成电路重大公共创新平台的成功经验，制定权责分明的知识产权共享和保护机制，鼓励各类国家战略科技力量形成优势资源平台的吸引力和合作凝聚力，引领对领域的核心科学问题和共性技术的持续攻关。

（3）打基础抓尖端，培育跨学科、大纵深的人才与研发平台。建议将国家的某些高端人才计划更加向创新型领军企业倾斜，激发产业领军企业的创新热情；在以集成电路为代表的战略性领域，探索高校和领军企业“深度联合培养”模式，完善高端创新和产业技能“二元支撑”的人才培养体系，系统提升人才培养、学科建设、科技研发“三位一体”创新水平，打造跨学科、大纵深人才高地；同时，不断优化面向特定战略场景的人才考评、配套服务，构建开放活跃的人才引培和流动机制，集聚区位和产业势能，打造全球创新人才流动网络的核心节点和“人才高地”。

（4）依托创新外交链接全球创新生态。建立科技创新体系化的战略思维，并不是要自己“面面俱到、包打天下”。实际上，越是面临可能“被脱钩”的国际形势，我们越要坚持和优化与国际合作伙伴的灵活合作方式，多维度、多路径提高我国对全球科技创新网络的嵌入率与贡献度，积极开展以共创价值为导向的“新型创新外交”，形成“你中有我，我中有你”的创新竞合之势，有力提升在全球创新开放格局中的位势，有效提升全球配置创新资源能力。

## 4 结语

面对严峻的国际科技“被脱钩”等挑战，我们要始终面向国家安全和经济发展的重大战略需求，聚焦“卡脖子”问题背后的复杂科技挑战，进一步围绕国家中长期科技发展规划和“十四五”科技创新规划，构建有力支撑高效能、高活力和强韧的开放科技创新体系，将体系化的创新势能落地释放，以技术和组织双维度持续体系化降低外部风险的冲击，战略性地“补短板、强弱项、堵漏洞”，同时注重锻造面向未来的在全球创新链中的优势“长板”和强项。坚持市场化导向，创新科技成果转化机制，在科技领军人才发现、培养、激励等多方面发力，聚焦推进科技创新治理和体系化能力建设，形成多元主体协同创新的高效组织体系，从而为早日建成世界科技强国提供有力保障。

## 参考文献


1 方新，柳卸林. 我国科技体制改革的回顾及展望. 求是, 2004, (5): 43-45.

2 陈劲，张学文. 中国创新驱动发展与科技体制改革（2012—2017）. 科学学研究, 2018, 36(12): 2116-2121.

3 刘亚东. 是什么卡住了我们核心技术的脖子？ [2018-06-24]. http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201806/24/t20180624_29513293.shtml.

4 白春礼. 构建现代科技创新治理体系全面提升科技创新供给能力. 中国党政干部论坛, 2018, (6): 6-9.

5 吴陆生，张素娟，王海兰，等. 科技创新生态系统论视角研究. 科技管理研究, 2007, 27(3): 30-32.

6 李树军. 科技创新系统的自组织性. 系统辩证学学报, 2004, 12(4): 71-74.

7 余江，陈凤，张越，等. 铸造强国重器：关键核心技术突破的规律探索与体系构建. 中国科学院院刊, 2019, 34(3): 339-343.

8 余江，刘佳丽，甘泉，等. 以跨学科大纵深研究策源重大原始创新：新一代集成电路光刻系统突破的启示. 中国科学院院刊, 2020, 35(1): 112-117.

# Focus on Key Technology Breakthroughs, and Strengthen National Scientific and Technological Innovation Systematization Capability

YU Jiang[1,2] GUAN Kaixuan[1,2] LI Zhe[3] CHEN Feng[2]

（1 Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3 Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038, China）

**Abstract** Facing the dynamic international situation and challenges in public emergency, many strategic high-tech fields in China are in desperate need of filling shortcomings, strengthening the weaknesses, and blocking the loopholes. Realizing the complexity of the key scientific issues in the long-term "cut-throat competition" situation, a deeper understanding of the strategic inevitability of improving the systemization of scientific and technological innovation is in a tremendous need. Systematization of scientific and technological innovations presents requirements for outstanding integrity, structure, and organic relevance, which requires continuous advancement and interaction of technology systemization and organization systemization. When focusing on key technologies weaknesses, the technological institutionalization capability should be improved by constructing a systematic and scientific strategy which combines the method of building up longboards and overcoming the shortcomings. Furthermore, the organizational systematic ability should also be strengthened by reinforcing the comprehensive connection between knowledge breakthroughs and business concern. Meanwhile, a complete set of supporting and service system will significantly enhance the efficiency, vitality and resilience of the scientific and technological innovation system. Building a new national system of scientific and technological innovation systems of key technologies with Chinese characteristics will fundamentally strengthen the systematic strategic planning, implement the advantages of the high-tech system, and effectively fill the shortcomings, and strengthen the weaknesses.

**Keywords** key technology, technological innovation systematization, technology systemization, organization systemization



**余 江** 中国科学院科技战略咨询研究院研究员、产业科技创新研究中心执行主任，中国科学院大学公共政策与管理学院教授、博士生导师，清华大学技术创新研究中心学术委员会委员。曾任剑桥大学英国皇家学会研究员。长期关注全球化背景下的高技术创新政策、数字化与竞争战略等研究，在“中欧高层创新对话”中担任中方专家组核心成员。在国内外核心期刊发表了一系列论文并出版英文专著，曾获得国际技术管理大会学术年会（IAMOT）最佳论文奖。主持了国家自然科学基金重点项目、国家软科学计划重大项目等多项国家级重要科研课题。E-mail: yujiang@casisd.cn

**YU Jiang** Research Professor of Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS-ISD). He is also the Full Professor at School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences (UCAS), Director of Research Center of Network Innovation and Development, UCAS. Prof. Yu has worked as the Royal Society International Fellow in Cambridge University. His main research interest covers innovation policy, digitalization, and competition strategy. Prof. Yu has chaired important national funding programs such as Key Program of National Natural Science Foundation of China (NSFC) and National Soft-Science Key Projects. E-mail: yujiang@casisd.cn

■责任编辑：张帆

## 参考文献（双语版）


1 方新，柳卸林．我国科技体制改革的回顾及展望．求是，2004, (5): 43-45.

Fang X, Liu X L. Review and prospect of China's science and technology system reform. Qiushi, 2004, (5): 43-45. (in Chinese)

2 陈劲，张学文．中国创新驱动发展与科技体制改革（2012—2017）．科学学研究, 2018, 36(12): 2116-2121.

Chen J, Zhang X W. Innovation-driven development and scientific and technical structural reform (2012-2017). Studies in Science of Science, 2018, 36(12): 2116-2121. (in Chinese)

3 刘亚东．是什么卡住了我们核心技术的脖子？ [2018-06-24]. http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201806/24/t20180624_29513293.shtml.

Liu Y D. What strangles our core technology? [2018-06-24]. http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201806/24/t20180624_29513293.shtml. (in Chinese)

4 白春礼. 构建现代科技创新治理体系全面提升科技创新供给能力. 中国党政干部论坛, 2018, (6): 6-9.

Bai C L. Build a modern scientific and technological innovation governance system to comprehensively improve the supply capacity of scientific and technological innovation. Chinese Cadres Tribune, 2018, (6): 6-9. (in Chinese)

5 吴陆生，张素娟，王海兰，等. 科技创新生态系统论视角研究. 科技管理研究, 2007, 27(3): 30-32.

Wu L S, Zhang S J, Wang H L, et al. Scientific and technological innovation system: From the perspective of ecosystem. Science and Technology Management Research, 2007, 27(3): 30-32. (in Chinese)

6 李树军．科技创新系统的自组织性．系统辩证学学报，2004, 12(4): 71-74.

Li S J. Self-organization of scientific and technical innovation system. Journal of Systemic Dialectics, 2004, 12(4): 71-74. (in Chinese)

7 余江，陈凤，张越，等. 铸造强国重器：关键核心技术突破的规律探索与体系构建. 中国科学院院刊, 2019, 34(3): 339-343.

Yu J, Chen F, Zhang Y, et al. Forging pillars of scientific and technological power: Mechanism exploration and system construction for breakthrough of core and key technologies. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(3): 339-343. (in Chinese)

8 余江，刘佳丽，甘泉，等. 以跨学科大纵深研究策源重大原始创新：新一代集成电路光刻系统突破的启示. 中国科学院院刊, 2020, 35(1): 112-117.

Yu J, Liu J L, Gan Q, et al. Major original innovation based on interdisciplinary research: International insights from breakthrough of new generation of lithography system. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(1): 112-117. (in Chinese)